

УДК 332.3.001.57

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

канд. техн. наук П.Б. МИХНО

(Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Украина)

Анализируется процесс освоения земель, нарушенных горнодобывающей деятельностью. Признаки завершенности, вариантности, функциональности, стадийности позволяют рассматривать технологический процесс использования нарушенных земель как отдельный жизненный цикл, который характеризуется необходимостью применения определенных мероприятий землеустройства и охраны земель. В жизненном цикле нарушенного земельного участка выделены три основные укрупненные стадии: проектная, функциональная, восстановительная. Разработаны диаграммы моделей жизненного цикла нарушенных земель при разных условиях разработки месторождений полезных ископаемых, отражающие «нулевой», «позитивный» и «негативный» сценарии. С помощью таких моделей можно комплексно анализировать и оценивать эффективность использования нарушенных горнодобывающим предприятием земель, что позволит разрабатывать специальные приемы, мероприятия и технологии для улучшения управления соответствующим процессом на территории отдельного горнодобывающего предприятия и в горнодобывающей отрасли в целом.

**Ключевые слова:** полезные ископаемые, месторождение, процесс освоения, нарушенные земли, жизненный цикл, эффективность использования.

**Введение.** Освоение нарушенных земель имеет некоторые специфические особенности, обусловленные характером их образования, использования и обязательностью восстановления. В целом соответствующий процесс длится от одного до десятков лет в зависимости от действия многих факторов, сопровождается корректировкой первоначальных задач (или постановкой новых) и трансформацией земель.

Научные исследования по оценке состояния нарушенных земель и эффективности рекультивации [1–6] отражают как негативные, так и позитивные последствия нарушения земель в процессе их производственного освоения, обработки и восстановления.

Общий признак научных работ [7; 8] по исследованию жизненных циклов различных систем и проектов – представление жизненного цикла в виде совокупности последовательных фаз, таких как: формирование (образование), рост (развитие), стабильность, завершение. Фазы состоят из совокупности логически взаимосвязанных работ, по окончании которых достигается определенный результат производственной деятельности [7].

В исследованиях по оценке недрожимости жизненный цикл, как правило, отражается кривой линией, которая характеризует относительную эффективность эксплуатации исследуемого объекта на разных стадиях развития.

Каждый нарушенный земельный участок в своем развитии также проходит несколько последовательных этапов – от возникновения предпосылки нарушения и начала горнодобывающих работ до завершения рекультивации и передачи восстановленных земель землевладельцу (землепользователю).

Экосистемный подход к рекультивации [3] предусматривает получение в результате восстановления земель определенных экологических, экономических и социальных эффектов, которые формируют общую эффективность рекультивации как комплекса взаимосвязанных природоохранных мероприятий.

Попытка комплексной оценки процесса нарушения земель и его изменений во времени осуществлена в исследовании [9], в котором территория нарушенных земель характеризуется масштабом непосредственно нарушения, экологическим состоянием и полученной в результате ее использования суммарной величиной социально-экономической эффективности. В работе анализируется общий характер изменения этих показателей в течение жизненного цикла существования нарушенных земель. В то же время представленная временная диаграмма жизненного цикла отражает лишь одну условную ситуацию с негативными последствиями технологического освоения нарушенных земель. При этом не показаны другие возможные тенденции жизненного цикла нарушенных земель.

**Основная часть.** Специфика нарушенных земель определяется особенностями их образования. Технология и объемы горнодобывающей деятельности, связанной с добычей и перемещением на земную поверхность нефти, угля, руды и других полезных ископаемых, определяют основные характеристики нарушенного земельного участка как объекта недвижимости. Образование нарушенных земель невозможно без повреждения земной поверхности, геологического строения и нанесения несоразмерного ущерба предыдущему целевому назначению, что является уникальной особенностью таких земель, так как полезность горного объекта формируется в результате нанесения вреда земельному участку сельскохозяйственного назначения и убытков землевладельцу, у которого она отчуждается для несельскохозяйствен-

ных нужд, в частности горнодобывающей деятельности. Таким образом, наличие месторождения полезных ископаемых, разработка которых технологически и экономически обоснована, априори определяет приоритетность промышленного освоения месторождений с обязательным негативным последствием в виде нарушения земель, в недрах которых эти месторождения залегают.

**Моделирование жизненного цикла.** В жизненном цикле нарушенного земельного участка можно выделить *три основные укрупненные стадии*: проектную (начальную); функциональную (формирования и развития); восстановительную.

На проектной стадии формулируются цели промышленного освоения месторождения полезных ископаемых, обосновывается социально-экономическая необходимость, экологическая допустимость горного объекта и потребности в земельных ресурсах, оценивается возможное или ожидаемое влияние. Выполняется выбор и технико-экономическое обоснование наилучшего варианта использования земельного участка, содержащего в недрах полезные ископаемые, среди юридически разрешенных, экологически обоснованных, технологически осуществимых и экономически целесообразных. Выбранный вариант использования отражается в техническом задании (технических условиях) на проектирование строительства, реконструкции или расширения горнодобывающего предприятия.

Также предварительно предусматриваются меры по восстановлению земель после завершения промышленного освоения месторождения. Принятые решения отражаются в плановой, проектной и сметной документации. Разрабатываются проекты строительства, реконструкции или расширения горнодобывающего предприятия, отвода, рекультивации земель.

Возможные реконструкция или расширение территории горнодобывающего предприятия вызваны исчерпанием в определенный момент эксплуатационных возможностей удовлетворять потребности пользователя. Для горнодобывающего предприятия характерным при этом является изменение технологических схем добычи и переработки полезных ископаемых, а также увеличение территории путем аренды новых земельных участков для размещения новых отвалов с целью повышения экономической эффективности эксплуатации месторождения.

Стадия реализации проекта включает выполнение предусмотренных проектом работ и обуславливает практически полное изменение предыдущих характеристик земельного участка и окружающей среды. На этой стадии для возмещения расходов и инвестиций и получения прибыли земельный участок используется по новому целевому назначению.

На восстановительной стадии истощаются запасы полезных ископаемых, улучшения перестают обеспечивать прибыль предприятию и заканчивается период промышленного освоения месторождения. Жизненный цикл завершается после выполнения мероприятий рекультивации, ликвидации или перепрофилирования зданий, сооружений, технологического оборудования и внесения изменений в земельно-учетные документы.

**Анализ моделей жизненного цикла нарушенных земель.** На диаграммах (рисунки 1–3) моделей жизненного цикла нарушенных земель (карьеров, отвалов и хвостохранилищ, образованных в результате разработки горно-обогастительным комбинатом месторождения полезных ископаемых) линиями показаны возможные изменения степени нарушения земель и обусловленные этим нарушением изменения их экологического состояния и социально-экономической эффективности использования относительно условно начальных значений.

Положения соответствующих трендов рассмотрены за определенные промежутки времени, ограниченные такими факторами, как:

- $t_0$  – разработка градостроительной и землеустроительной документации по отводу земельного участка, развитию промышленной и инженерной инфраструктуры горного объекта и будущему использованию нарушенных земель (*проектная стадия*);

- $t_1$  – начало разработки месторождения, сопровождающееся нарушением земель вскрышными работами;

- $t_2$  – временная остановка горнодобывающих работ;

- $t_3$  – начало завершающей стадии разработки месторождения;

- $t_4$  – отработка нарушенных земель (*функциональная стадия*);

- $t_5$  – начало работ по горнотехнической рекультивации;

- $t_6$  – начало процедуры возврата технически рекультивированных земель землевладельцу;

- $t_7$  – начало биотехнологических работ по восстановлению плодородия;

- $t_8$  – завершение биологической рекультивации (*восстановительная стадия*).

**Диаграмма «нулевого» варианта** (рисунок 1) моделирует процесс приведения нарушенных земель после рекультивации в состояние, предшествовавшее нарушению земной поверхности и геологического строения. На момент времени  $t_0$  (см. рисунок 1) нарушение земель отсутствует, при определенном качественном и экологическом состоянии земель наблюдается некоторая социально-экономическая эффективность их использования. Начальные значения указанных показателей условно равны.

После отвода земель для производственных нужд и до начала эксплуатации месторождения ( $t_1$ ) нарушение отсутствует, экологическое состояние и социально-экономическая эффективность неизменны относительно начальных значений, и условно одинаковые, что отражено одной общей прямой линией.

За промежуток времени от  $t_1$  до  $t_5$  происходит развитие производственной деятельности, а именно: значительное расширение территории нарушенных земель, формирование отвалов и выработка полезного пространства карьера на глубину.

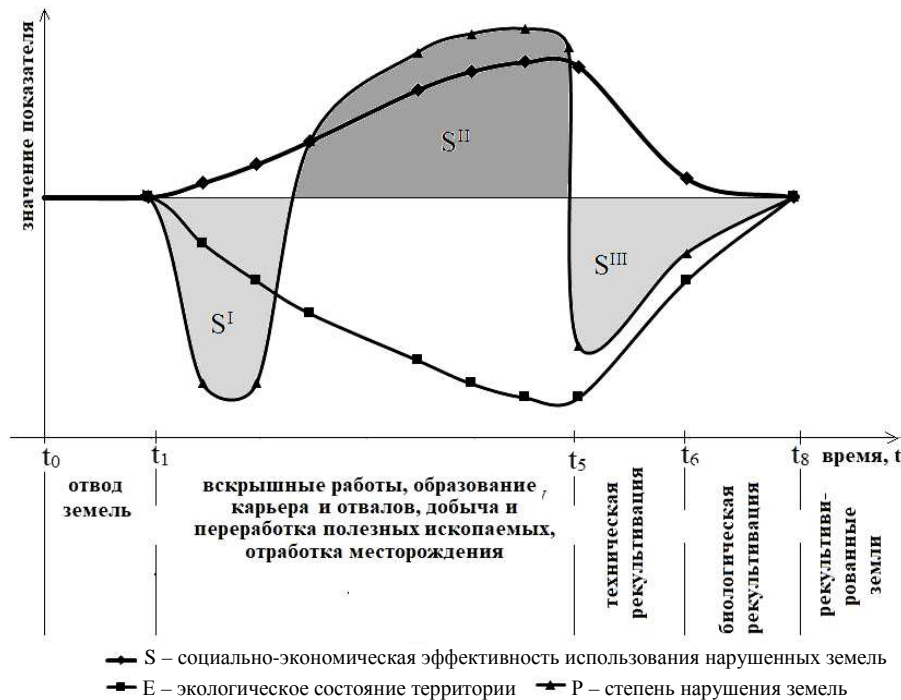


Рисунок 1. – Модель жизненного цикла нарушенных земель по «нулевому» варианту

Вскрышные работы характеризуются интенсивным ухудшением экологического состояния территории и практически полной потерей социально-экономической эффективности использования, сменяющейся стремительным ростом после начала добычи, переработки полезных ископаемых и реализации продукции.

Дальнейшая разработка месторождения сопровождается прогрессивным ухудшением экологического состояния территории. При этом происходит существенный рост социально-экономической эффективности (которая значительно превышает свое первоначальное значение), что объясняется развитием инженерной инфраструктуры, занятостью населения на производстве, иной социальной значимостью, а также прибылью от горнодобывающей и перерабатывающей деятельности промышленного предприятия.

Пример преимуществ для социальной сферы от крупномасштабной добычи полезных ископаемых – образование и развитие в Полтавской области города Комсомольска (ныне Горишние Плавни) для обслуживания Полтавского горно-обогатительного комбината.

На функциональной стадии исследуемые показатели достигают своих максимальных значений. После завершения промышленной эксплуатации карьера и прекращения добычи полезных ископаемых нарушенные земли становятся отработанными и требуют рекультивации. Со сворачиванием производственных процессов и полным завершением горнодобывающей деятельности наблюдается резкое снижение социально-экономической эффективности использования территории.

Благодаря горнотехнической рекультивации отработанных земель уменьшается степень нарушения, экологическое состояние территории существенно улучшается при сохранении практически неизменной социально-экономической эффективности ее использования. Поэтому необходимо концентрировать усилия и ресурсы для ускоренного завершения этого этапа рекультивации.

Окончательные характеристики экологического состояния и социально-экономической эффективности использования рекультивированных земель устанавливаются после биологической рекультивации, которая оканчивается на момент  $t_8$ .

Интегральным отражением изменения социально-экономической эффективности использования нарушенных земель являются обозначенные на рисунках 1–3 области  $S^{II}$  (положительные социально-

экономические последствия от разработки месторождения полезных ископаемых горнодобывающим предприятием),  $S^I$  и  $S^{III}$  (негативные социально-экономические последствия нарушения земель).

Анализ жизненного цикла нарушенных земель крупных горнодобывающих предприятий по сценарию, изображенному на рисунке 1 ( $S^{II} = S^I + S^{III}$ ), свидетельствует о том, что полностью восстановить нарушенные земли к их состоянию до нарушения почти невозможно вследствие глубинных геологических и гидрологических изменений самих земель, а также изменений экономических условий и социальной целесообразности использования.

По «негативному» варианту жизненный цикл временно прерывается (рисунок 2), сопровождается низкой рентабельностью, остаточными проявлениями нарушенности пострекультивационного состояния территории и худшим экологическим состоянием на окончание жизненного цикла относительно его начала.

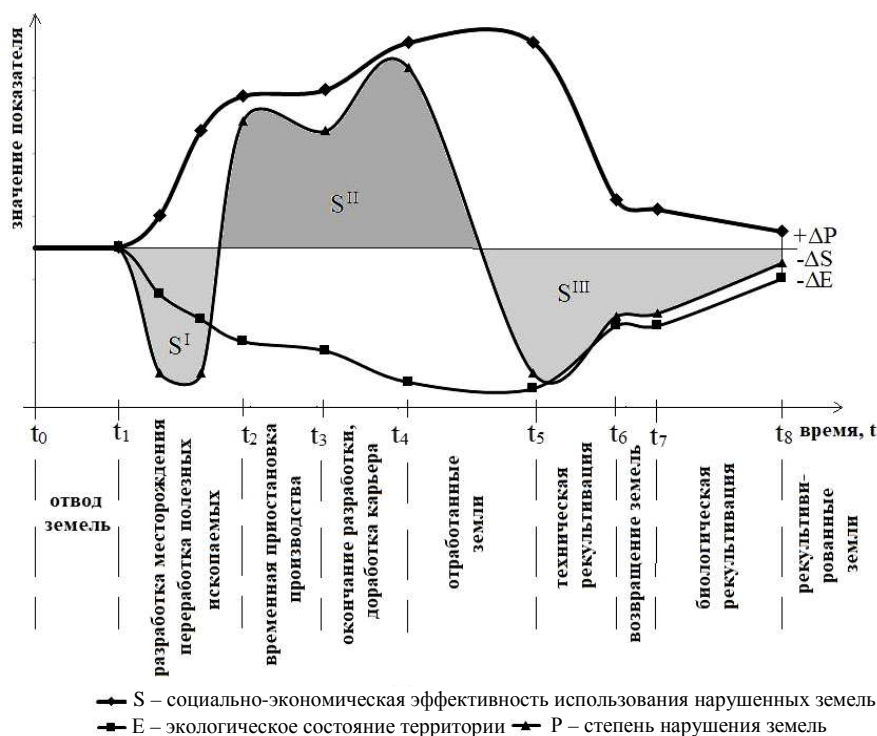


Рисунок 2. – Модель жизненного цикла нарушенных земель по «негативному» варианту

Преобразование качественных характеристик профиля образованных вследствие рекультивации рекультивированных земель относительно естественного состояния отведенных земель обозначено  $\Delta P$ . Аналогично, изменения экологического состояния земель после завершения рекультивации обозначены  $\Delta E$ , а изменения социально-экономической эффективности использования —  $\Delta S$ . Если горнотехническая рекультивация совсем не осуществлялась во время разработки месторождения, то до ее начала наблюдается незначительное дальнейшее ухудшение экологического состояния нарушенных земель до наименьшего значения. Задержка во времени от  $t_4$  до  $t_5$  (увеличение продолжительности существования отработанных земель) ухудшает их экологическое состояние и дополнительно снижает социально-экономическую эффективность использования. Продолжительность жизненного цикла по «негативному варианту» может намного превышать проектную. За это время возможны изменения, не предусмотренные и не учтенные в проекте эксплуатации месторождения полезных ископаемых и технических условиях рекультивации. Могут быть разработаны новые генеральные планы, схемы планирования районов, социальные и инвестиционные проекты регионального развития с другим перспективным целевым использованием соответствующей территории. Возможное территориальное переподчинение нарушенных земель в процессе административно-территориальной реформы также может повлиять на их дальнейшее использование.

Положительный интегральный социально-экономический эффект от нарушения земель обеспечивается превышением конечного значения социально-экономического эффекта над его начальным значением (рисунок 3) при соблюдении соотношения  $S^{II} > (S^I + S^{III})$ .

**Позитивный» (желательный) сценарий** предполагает успешную реализацию проектов строительства и эксплуатации горно-обогатительного комбината, отвода земель и рекультивации при отсутствии

негативного влияния непредсказуемых факторов экологического, политического, экономического характера и необходимости затрачивать ресурсы на разработку и внедрение дополнительной проектной документации (или переработку уже существующей), а также переориентацию технологических схем добычи и переработки полезных ископаемых.

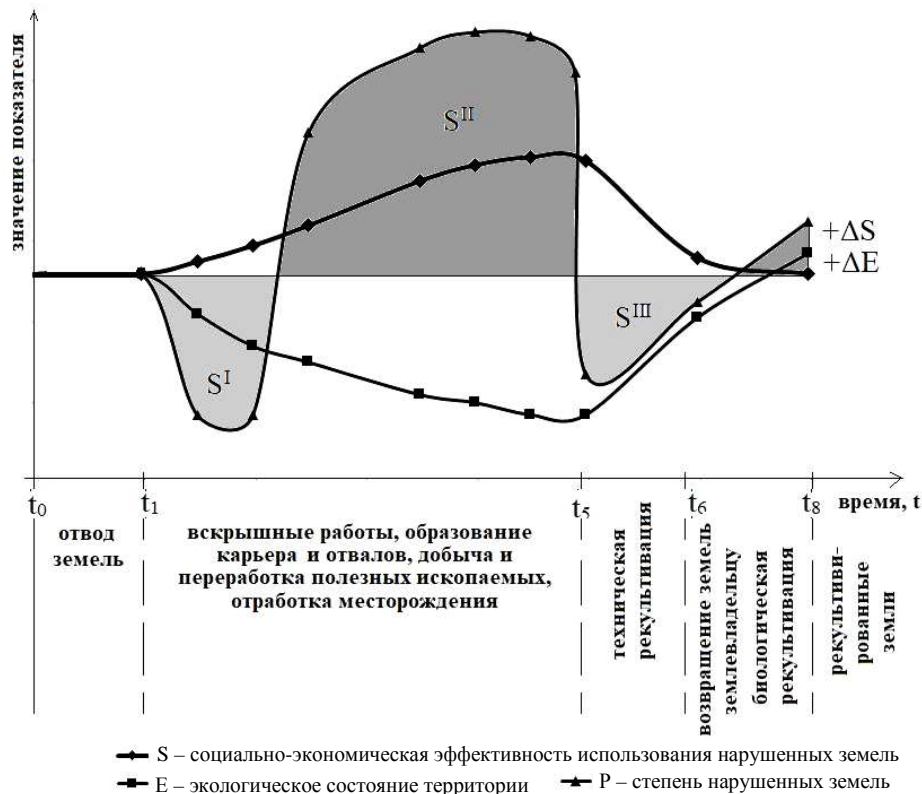


Рисунок 3. – Модель жизненного цикла нарушенных земель по «позитивному» варианту

В целом, затраты на рекультивацию должны повышать ценность земельного участка по сравнению с тем состоянием, в котором он находился до отвода для несельскохозяйственных потребностей [3].

Социально-экономическая эффективность рекультивации характеризуется повышением качества жизни населения, получением прибыли от использования рекультивированных земель, уменьшением срока окупаемости затрат, увеличением стоимости земель и достигается в результате улучшения экологического состояния восстановленной территории.

Для рационального использования нарушенных земель предусмотренные в проектной градостроительной и землеустроительной документации мероприятия рекультивации должны быть направлены на минимизацию негативных расхождений  $\Delta E$  и  $\Delta P$  (см. рисунок 2) и достижение положительного многолетнего социально-экономического баланса использования нарушенных земель  $\Delta S$  (см. рисунок 3).

Анализ диаграмм жизненного цикла нарушенных земель позволяет выделить ключевые вопросы планирования их рационального использования.

Значение и знаки характеристик  $\Delta E$ ,  $\Delta P$  и  $\Delta S$  напрямую зависят от вида угодий, отведенных для несельскохозяйственных нужд, технологической схемы горнодобывающих и восстановительных работ, вида рекультивированных угодий и целевого назначения рекультивации. Соответственно, выбранные для практической реализации вид рекультивированных угодий и направление рекультивации должны быть наиболее целесообразными и рациональными при соответствующих локальных условиях [9].

Существующая технология принятия решений при планировании использования нарушенных земель в Украине, предусматривающая последовательные этапы анализа ситуации по использованию нарушенных земель, формированию соответствующих решений и организации их выполнения, направлена на устранение негативных экологических воздействий от нарушенных земель. Основным при этом является формирование решения, отсутствие системного определения которого не позволяет избежать необоснованных субъективных предпочтений проектировщика при принятии решений по использованию нарушенных земель.

Совершенствование существующей технологии принятия решений при планировании использования нарушенных земель (рисунок 4) предусматривает направление этапа формирования решения на решение двух взаимосвязанных задач выбора дальнейшего использования нарушенных земель с применением соответствующей методики [10].



Рисунок 4. – Схема рациональной технологии принятия решений при планировании использования нарушенных земель

**Заключение.** Новизна исследования заключается в разработке моделей жизненного цикла, отражающих процесс использования нарушенных земель или как однозначно выгодный, или как невыгодный, или как некий «нулевой» вариант (без заметных изменений на момент завершения жизненного цикла относительно начальных условий).

С помощью соответствующих диаграмм можно исследовать и комплексно оценивать относительную эффективность использования нарушенных горнодобывающим предприятием земель. Это позволит, в свою очередь, разрабатывать специальные приемы, мероприятия управления и технологии для улучшения соответствующего процесса на территории отдельного горнодобывающего предприятия и в горнодобывающей отрасли в целом.

Анализ моделей жизненного цикла позволяет определить принципы и направления оптимизации соотношения экономических, экологических и социальных убытков и доходов от антропогенной деятельности по добыче, переработке полезных ископаемых и восстановлению нарушенных земель.

Результаты исследований могут быть использованы для совершенствования управления нарушенными землями, в частности контроля за использованием территорий открытых горных разработок на региональном и локальном уровнях отдельного горнодобывающего предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Будзяк, О.С. Деградація та заходи ревіталізації земель України / О.С. Будзяк // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2014. – № 1–2. – С. 57–64.



2. Гавриловская, М.А. Оценка эффективности рекультивации нарушенных земель (экосистемный подход) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 08.00.05 / М.А. Гавриловская. – Екатеринбург, 2007. – 28 с.
3. Малахов, И.И. Новая геологическая сила / И.И. Малахов. – Кривий Ріг : ДНУ ВМГОР НАН України, 2009. – 312 с.
4. Прокопенко, В.І. Розвиток критеріїв оцінки ефективності землезбереження на відкритих розробках родовищ / В.І. Прокопенко, Т.М. Мормуль // Вісник НТУУ «КПІ». Гірництво. – 2011. – № 21. – С. 190–197.
5. Pavloudakis, F., Galetakisb M., Roumposa Ch. Aspatial decision support system for the optimal environmental reclamation of open-pitcoal mines in Greece / F. Pavloudakis, M. Galetakisb, Ch. Roumposa // Journal of Mining, Reclamation and Environment, 2009. – Vol. 23, no. 4. – P. 291–303.
6. Monitoring and analysis of coastal reclamation from 1995–2015 in Tianjin Binhai New Area, China / W. Chen [et al.]. – Scientific Reports, 2017. – URL: [www.nature.com/articles/s41598-017-04155-0](http://www.nature.com/articles/s41598-017-04155-0).
7. Управління проектами у водному господарстві та природокористування / А.М. Рокочинський [и др.]. – Рівне : НУВГП, 2012. – 293 с.
8. Ястребова, О.В. Концептуальні підходи до визначення сутності інвестиційного проекту та його життєвого циклу. Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності / О.В. Ястребова. – 2015. – Вип. 2 (12). – Т. 3. – С. 150–155.
9. Артамонов, В.В. Системна соціально-екологічна оцінка антропогенно порушених земель. Геодезія, картографія і аерофотознімання / В.В. Артамонов, М.Г. Василенко, П.Б. Міхно. – 2016. – Вип. 83. – С. 112–116.
10. Михно, П.Б. Аспекты методики выбора рационального направления использования нарушенных земель Украины / П.Б. Михно, В.В. Артамонов // Социально-экономическое развитие территории : материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2015. – С. 178–183.

Поступила 12.12.2018

## MODELING OF THE LIFE CYCLE OF DISTURBED LANDS

**P. MIKHNO**

*The article analyzes the process of development of land disturbed by mining activities. The signs of completeness, variation, functionality, staging allow us to consider the technological process of using disturbed lands as a separate life cycle, which is characterized by the need to apply certain measures of land management and land protection. In the life cycle of a disturbed land plot, three main aggregated stages are distinguished: design, functional, and restoration. Diagrams of the life cycle of disturbed lands under different conditions of the development of mineral deposits have been developed, reflecting the “zero”, “positive” and “negative” scenarios. With the help of such diagrams, it is possible to comprehensively analyze and evaluate the effectiveness of the use of the lands disturbed by the mining enterprise. This will allow the development of special techniques, events and technologies to improve the management of the relevant process on the territory of a separate mining enterprise and in the mining industry as a whole.*

**Keywords:** *mineral resources, field, development process, disturbed lands, life cycle, efficiency of use.*